

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 841 293

②1 N° d'enregistrement national : 02 07537

⑤1 Int Cl⁷ : E 21 B 7/12, E 21 B 7/04, 41/10

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 19.06.02.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 26.12.03 Bulletin 03/52.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : BOUYGUES OFFSHORE Société
anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) :

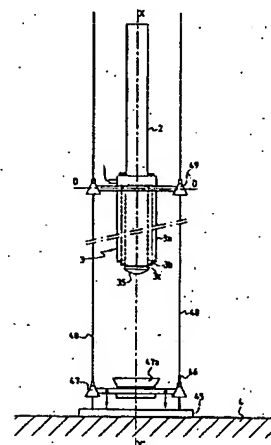
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : BEAU DE LOMENIE.

⑤4 CONDUITE DE GUIDAGE TÉLESCOPIQUE DE FORAGE EN MER.

⑤7 La présente invention concerne un dispositif de guida-
ge (3) d'une installation de forage en mer comprenant au
moins un riser de forage (2) s'étendant depuis un support
flottant jusqu'au dit dispositif de guidage (3) au fond de la
mer (4), ledit forage pouvant être réalisé depuis ledit support
flottant à travers ledit riser de forage (2) à l'aide d'un train de
tige de forage équipé à son extrémité d'outils de forage.

Selon l'invention ledit dispositif de guidage télescopique
(3) comprend une conduite de guidage télescopique (3)
comprenant des éléments de conduite télescopiques (3a,
3b, 3c) coaxiaux (xx'), l'élément de conduite télescopique
interne (3c) de plus petit diamètre étant équipé à son extré-
mité d'un moyen de décohéssion du sol apte à créer un en-
foncement progressif dans le sol de ladite conduite de
guidage télescopique (3) pour permettre ainsi de guider plus
profondément dans le sol un outil de forage.



FR 2 841 293 - A1



BEST AVAILABLE COPY

CONDUITE DE GUIDAGE TELESCOPIQUE DE FORAGE EN MER

La présente invention concerne le domaine connu du forage en mer à
5 partir d'un support flottant ancré en surface et plus particulièrement des
dispositifs de guidage des trains de tiges de forage installés au niveau du
fond de la mer.

Elle concerne plus particulièrement le forage dévié en eau
profondes, de manière à atteindre des points éloignés de la verticale de
10 l'axe de l'engin de forage en surface.

Dès que la profondeur d'eau devient importante l'exploration et
l'exploitation des champs de production notamment des champs pétroliers
s'effectue en général à partir d'un support flottant. Ce support flottant
comporte en général des moyens d'ancrage pour rester en position malgré
15 les effets des courants, des vents et de la houle.

Dans le cas des opérations de forage, il comporte aussi en général
des moyens de manutention des trains de tiges, ainsi que des équipements
de guidage associés à des systèmes de sécurité installés au niveau du fond
de la mer.

20 Les forages sont habituellement réalisés à la verticale de l'engin de
forage, puis pénètrent le sol verticalement sur des hauteurs de plusieurs
centaines de mètres. Ensuite, lesdits forages sont poursuivis jusqu'à la
nappe de pétrole appelée "réservoir", soit selon la verticale, soit avec une
déviation angulaire progressive, de manière à atteindre des points dudit
25 réservoir, plus ou moins éloignés.

La phase de démarrage du puits est en général effectuée en
descendant depuis la surface une embase de forage munie de lignes guides
jusqu'en surface, puis on descend une longueur de conduite, appelée
"casing" ou cuvelage, de fort diamètre, en général 0,914 m (36") et
30 mesurant de 50 à 60m de long. Ledit casing, passant à travers ladite
embase, est alors simplement planté dans le sol, en général peu consolidé
et l'enfoncement est souvent effectué par lançage (c'est à dire par envoi
d'eau sous pression). Le casing sert à consolider les parois du puit et fait

donc office de dispositif de guidage des trains de tige et outil de forage lors de leur enfoncement initial dans le sol. Lorsque la mise en place du casing est terminée, on enfle à travers ce premier casing un deuxième casing, en général de diamètre inférieur et d'une longueur de 150 à 200m, soit vibrofoncé, soit foré si le terrain l'exige, puis on cimente depuis la surface l'interstice entre lesdits casings et le sol, ainsi que entre les deux casings. Durant ces phases, on travaille à trou ouvert (« open hole ») et l'on risque d'être exposé à des instabilités de terrain, ou encore à des arrivées d'eau intempestives survenant à faible profondeur sous le fond de la mer (« shallow water flow »), perturbant gravement la phase de démarrage du puits.

Un premier problème à la base de l'invention est de fournir un dispositif de guidage permettant de guider le train de tige de forage et l'outil de forage le plus profondément possible dans le sous sol au fond de la mer, de manière à éviter ces incidents d'arrivée d'eau intempestive survenant à faible profondeur lors de l'installation des casings.

Un autre problème est de réduire le nombre de casings à manipuler depuis la surface afin de réduire la difficulté, la durée et donc le coût de l'installation des casings, particulièrement dans le cas d'une installation en Ultra Grands Fonds c'est à dire pour des profondeurs de 2000 à 3000 mètres voire plus.

D'autre part dans le cas de forage de plusieurs puits déviés, il est possible de constituer un réseau de puits en forme de parapluie issus d'une même position du support flottant en surface, ce qui permet de regrouper, pendant toute l'exploitation du champ, l'ensemble des équipements de surface en un même lieu. De telles installations sont appelées DTU (Dry Tree Units), c'est à dire unités à têtes de puits sèches, car dans ce cas les têtes de puits sont rassemblées en surface, hors d'eau. L'exploitation est ainsi grandement facilitée, car il est possible d'avoir accès à l'un quelconque des puits depuis le DTU, pour effectuer toutes les opérations de contrôle et de maintenance sur les puits, et ce pendant toute la durée de vie des installations qui atteint 20 à 25 ans et voire même plus.

De tels forages déviés ne sont possibles que si les réservoirs sont à grande profondeur, par exemple 2000 à 2500 m, car il est impératif d'avoir une longueur verticale de plusieurs centaines de mètres dans le fond marin, avant d'initier la déviation du puits dont le rayons de courbure des conduites constitutives du puits sont de l'ordre de 500 à 1000 m.

On connaît les brevets EP 0 952 300 et EP 0 952 301 qui décrivent des méthodes et dispositifs permettant d'effectuer des forages déviés en tirant profit de la tranche d'eau pour s'écarter au maximum de la verticale de l'engin de forage et pour reposer dans le fond marin de manière sensiblement tangentielle à l'horizontale.

Dans ces brevets, les dispositifs de guidage installés au fond de la mer pénètrent dans le sol et permettent d'assurer l'amorçage du puits de forage dans le fond marin selon une inclinaison d'un angle donnée par rapport à la verticale. Le dispositif de guidage est relié à l'engin de forage par une conduite appelée "riser de forage" qui guide le train de tiges de forage qui les traverse et assure la remontée des boues et des débris de forage.

Cet élément de guidage installé au fond de la mer doit permettre de respecter des rayons de courbure importants de 500 à 1000 m et par conséquent doit être de grandes dimensions, tout en restant très résistant pour absorber les efforts considérables engendrés par le train de tige de forage qui sera lui aussi contraint à épouser le même rayon de courbure, ce qui induit des frottement très importants et des risques de déstabilisation de l'ensemble au cours du forage.

De plus cet élément de guidage de dimensions et de masse considérable doit être préinstallé dans les ultra grands fonds, c'est à dire dans des profondeurs d'eau de 1000 à 2500 m, voire plus.

Plus précisément dans EP 0 952 301, le dispositif de guidage comprend un élément de conduite appelé "conducteur" qui est en fait le tube guide du puits de forage déployé à partir du support flottant à travers le riser de forage jusqu'à une structure appelée "skid" reposant sur le fond de la mer. Cette structure — skid maintient et guide le tube conducteur horizontalement au dessus du fond de la mer à une certaine hauteur. Puis

ce conducteur adopte une courbure en direction du fond de la mer sous l'effet de sa propre gravité. Le conducteur lors de son déploiement coopère avec des outils de forage pour qu'il s'enfonce partiellement dans le fond de la mer. La mise en place d'un tel dispositif de guidage et notamment du
5 conducteur depuis le support flottant représente une contrainte opérationnelle importante. En outre ce dispositif de guidage ne permet aucun contrôle de la courbure du conducteur. D'autre part, pour respecter un grand rayon de courbure, notamment supérieur à 500 m, il est nécessaire que le conducteur se déploie tangentiellement à l'horizontale sur
10 plusieurs dizaines de mètres au delà du point d'appui qui assure son guidage sur la structure skid.

Enfin, aucun moyen n'est décrit dans ces brevets pour permettre la réalisation de la mise en place dudit conducteur selon un grand rayon de courbure comme cela est nécessaire pour que le train de tiges, et surtout
15 les éléments de cuvelage puissent opérer avec un minimum de frottement latéral à l'intérieur de la conduite.

Pour un rayon de 600 m, si la tête de puit est à 2 m au dessus du sol, le conducteur n'atteindra le sol que 50 m plus loin ce qui signifie une portion de conducteur de 50 m, en porte-à-faux, libre et non maintenu, ce
20 qui est inacceptable car le conducteur risque de casser ou de plier en raison d'une courbure trop forte, car incontrôlée. De plus, le porte-à-faux ainsi créé risque d'être préjudiciable à un bon fonctionnement lors des opérations de forage ainsi que pendant toute la durée de vie qui peut dépasser 25 ans.

25 Un autre problème selon la présente invention est donc de fournir un dispositif de guidage dans une application en forage dévié dans la hauteur de la tranche d'eau, qui puisse être mis en place selon un grand rayon de courbure de façon fiable, c'est à dire en pouvant contrôler la courbure selon un grand rayon de courbure notamment supérieur à 500 m
30 et dont la réalisation et la mise en place soient faciles à réaliser.

Selon un premier aspect apportant une solution au problème de guidage du train de tige et de l'outil de forage le plus profondément

possible, la présente invention fournit un dispositif de guidage d'une installation de forage en mer comprenant au moins un riser de forage s'étendant depuis un support flottant jusqu'au dit dispositif de guidage au fond de la mer, ledit forage pouvant être réalisé depuis ledit support
5 flottant à travers ledit riser de forage à l'aide d'un train de tige de forage équipé à son extrémité d'outils de forage passant à travers ledit riser de forage et ledit dispositif de guidage, ledit dispositif de guidage étant caractérisé en ce qu'il comprend une conduite de guidage télescopique
10 comprenant des éléments de conduite télescopiques coaxiaux (XX') et diamètres décroissants de manière à ce que lesdits éléments de conduite télescopiques peuvent coulisser dans la direction axiale. (XX') les uns dans les autres, l'élément de conduite télescopique interne de plus petit diamètre étant équipé à son extrémité d'un moyen de décohesion du sol apte à créer
15 un enfoncement progressif dans le sol de ladite conduite de guidage télescopique par coulisement vers l'extérieur desdits éléments de conduite télescopiques pour permettre ainsi de guider plus profondément dans le sol un outil de forage à l'extrémité dudit train de tige.

On comprend que l'enfoncement progressif dans le sol de la
20 conduite de guidage se fait à partir d'une position initiale rétractée dans laquelle l'élément de conduite télescopique interne de plus petit diamètre est rentré à l'intérieur des éléments de conduite télescopique de plus grand diamètre. Donc tous les éléments de conduite télescopiques sont positionnés à l'intérieur d'un élément de conduite télescopique externe de
25 plus grand diamètre. L'enfoncement progressif dudit moyen de décohesion se produit par coulisement progressif vers l'extérieur des éléments de plus petit diamètre dans ceux de plus grand diamètre, et donc tout d'abord de l'élément de conduite interne télescopique interne de plus petit diamètre puis progressivement des éléments de conduite télescopiques de diamètres
30 croissants, et jusqu'à complet déploiement de tous les éléments de conduite télescopiques en extension vers l'extérieur.

En procédant ainsi, dans le cas du forage vertical conventionnel, on descend depuis la surface un unique dispositif de guidage, au lieu de deux,

voire trois dans l'art antérieur, ce qui représente un gain de temps considérable dans le cas de forage en mer profonde, par exemple par 2 000, 3 000m, voire plus, car ils doivent être descendus successivement. De plus, en cas d'instabilité de terrain, ou encore en cas d'arrivée d'eau
5 intempestives survenant à faible profondeur sous le fond de la mer, le casing étant continu sur toute sa longueur, les risques d'effondrement sont considérablement réduits, voire même radicalement supprimés.

Dans un mode préféré de réalisation ledit élément de conduite
10 interne de plus petit diamètre présente un diamètre sensiblement identique à celui dudit riser de forage.

Dans un mode particulier de réalisation lesdits moyens de
décohésion du sol sont constitués par un opercule multiperforé permettant
15 de réaliser un lançage d'eau ou de boue par injection sous forte pression.

Plus particulièrement, ladite conduite de guidage télescopique comprend au moins 3 éléments, de conduite télescopique coaxiaux.

20 Plus particulièrement encore, chacun desdits éléments de conduite coaxiaux-télescopiques présentent une longueur de 50 à 300 mètres, de préférence 100 à 200 mètres et ladite conduite de guidage déployée présente une longueur de 150 à 600 mètres de préférence 200 à 300 mètres.

25 Selon un second aspect permettant de résoudre le problème de la mise en place de dispositif de guidage dans une application en forage dévié dans la hauteur de la tranche d'eau, la présente invention fournit un dispositif de guidage utile dans une installation de forage en mer, installation dans laquelle au moins un riser de forage s'étend depuis un
30 support flottant jusqu'audit dispositif de guidage au fond de la mer, ledit riser de forage déviant progressivement depuis une position sensiblement verticale au niveau dudit support flottant jusqu'à une position sensiblement horizontale ou tangentielle à l'horizontale au fond de la mer, ledit forage

pouvant être réalisé depuis ledit support flottant à travers ledit riser de forage et ledit dispositif de guidage de manière à ce que le puits de forage dans le fond de la mer soit amorcé selon une inclinaison donnée α par rapport à l'horizontale de préférence de 5 à 60°, de préférence encore 25 à 45°, ledit dispositif de guidage étant caractérisé en ce qu'il comprend une dite conduite de guidage télescopique dans une position enfoncée dans le sol dans laquelle ladite conduite de guidage télescopique rétractée ou ledit élément de conduite télescopique externe lorsque ladite conduite télescopique est complètement déployée comprennent successivement :

- 10 . une extrémité avant reposant sensiblement horizontalement sur le fond de la mer,
- . une portion intermédiaire courbe enfoncée dans le sous-sol du fond de la mer selon un grand rayon de courbure, de préférence un rayon de courbure supérieur à 500 m, et
- 15 . une portion arrière sensiblement linéaire enfoncée dans le sous-sol du fond de la mer selon une dite inclinaison donnée α ,

ladite conduite de guidage télescopique ou ledit élément télescopique externe coopérant avec des moyens d'enfoncement contrôlé permettant l'enfoncement de ladite conduite de guidage télescopique rétractée dans le fond de la mer lorsque ladite conduite de guidage télescopique rétractée est tractée au fond de la mer à son extrémité avant, depuis une position initiale où ladite conduite de guidage télescopique rétractée repose entièrement par-dessus le fond de la mer dans une position sensiblement horizontale, jusqu'à une dite position enfoncée dans le sous-sol du fond de la mer.

25 La courbure de la conduite de guidage télescopique est donc formée par l'enfoncement contrôlé de la conduite de guidage. En raison de la longueur importante de ladite conduite de guidage en position rétractée, chacun des tronçons rétractés prendra la même courbure, sans engendrer d'efforts significatifs au sein de l'ensemble.

On entend par conduite de guidage télescopique rétractée que les différents éléments de conduite télescopique sont tels que ceux de petits diamètres sont rentrés à l'intérieur de ceux de plus grands diamètres.

5 Les moyens d'enfoncement de la conduite de guidage télescopique rétractée permettent d'obtenir par enfoncement de la conduite, une courbure de la conduite avec un grand rayon de courbure à une valeur voulue et contrôlée, le rayon de courbure étant en effet dépendant des caractéristiques et de l'agencement desdits moyens d'enfoncement.

10 On comprend que ladite portion linéaire inclinée se trouve dans le prolongement tangentiel de ladite portion courbe et, c'est l'inclinaison de cette portion linéaire qui détermine ledit angle α d'amorçage du puits de forage.

15 On comprend également qu'on entend par "horizontal au fond de la mer", une position sensiblement horizontale en fonction du relief du fond de la mer.

Dans un mode particulier de réalisation, ladite conduite de guidage présente une longueur de 100 à 600 m, de préférence 250 à 450 m avec une dite inclinaison donnée α de la conduite de guidage d'environ 10 à 60°, de 20 préférence 25 à 45°. La courbure recherchée de la conduite de guidage correspond alors à une augmentation d'inclinaison d'environ 1° par portion de longueur de conduite de guidage de 10 m, soit un rayon de courbure d'environ 560 m.

25 Dans un mode préféré de réalisation, ladite extrémité avant de la conduite de guidage télescopique rétractée est encastrée dans une embase comprenant une charge reposant sur une semelle avant de sorte que ladite embase maintient ladite extrémité avant de ladite conduite de guidage sensiblement horizontalement sur le fond de la mer lorsque celle-ci est tractée. Ladite embase empêche l'enfoncement de l'extrémité avant de 30 ladite conduite de guidage télescopique rétractée, ainsi que sa rotation autour d'un axe sensiblement horizontal perpendiculaire à l'axe de traction.

La présente invention fournit également un procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon l'invention, caractérisé en ce qu'on réalise des étapes dans lesquelles :

- 5 - on met en place une dite conduite de guidage télescopique rétractée dans une dite position initiale reposant sensiblement horizontalement et de façon rectiligne sur le fond de la mer, ladite conduite de guidage télescopique rétractée coopérant avec desdits moyens d'enfoncement contrôlé, et
- 10 - on réalise une traction au fond de la mer de ladite extrémité avant de ladite conduite de guidage télescopique, de préférence dans la direction longitudinale axiale de ladite conduite de guidage télescopique, depuis ladite position initiale jusqu'à une dite position enfoncée.

La présente invention a également pour objet une installation de
15 forage en mer comprenant un riser de forage s'étendant depuis un support flottant jusqu'à un dispositif de guidage selon l'invention auquel ledit riser de forage est connecté.

Dans le cas de forage dévié dans la hauteur de la tranche d'eau, ledit riser de forage dévie progressivement depuis une position sensiblement
20 verticale au niveau dudit support flottant jusqu'à une position sensiblement horizontale ou tangentielle à l'horizontale au fond de la mer, le forage pouvant être réalisé depuis ledit support flottant à travers ledit riser de forage et ledit dispositif de guidage de manière à ce que le puit de forage s'amorce dans le fond de la mer selon une inclinaison donnée α par rapport
25 à la verticale, de préférence de 10 à 80°.

La présente invention a également pour objet un procédé de réalisation d'une installation de forage selon l'invention caractérisé en ce qu'on réalise des étapes dans lesquelles:

- 30 - on réalise un dispositif de guidage télescopique selon un procédé selon l'invention, et
- on réalise la connexion d'au moins dudit riser de forage à ladite extrémité avant de la conduite de guidage télescopique reposant sur le fond de la mer.

La présente invention a enfin pour objet un procédé de forage à l'aide d'une installation de forage selon l'invention caractérisé en ce qu'on réalise des opérations de forage et on construit un puits de forage en déployant des trains de tiges coopérant avec des outils de forage et des colonnes de tubes ou cuvelages, à travers un riser de forage et un dit
5 dispositif de guidage télescopique selon l'invention enfoncé dans le fond de la mer.

On comprend plus précisément que le train de tiges permet dans un premier temps de déployer les outils de forage, puis de déployer les
10 éléments de tubes, appelés "colonnes de tubes ou cuvelages" qui constituent le puits de forage au fur et à mesure du forage et de leur mise en place dans le fond de la mer.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description de plusieurs exemples de réalisation préférés
15 qui vont suivre, en référence aux figures suivantes dans lesquelles :

- la figure 1 représente un dispositif de guidage télescopique constitué d'éléments de conduites coaxiaux télescopiques représentés en position rétractée, dans le cas d'un forage vertical conventionnel
- 20 • les figures 2, 3 et 4 sont des coupes en vue de côté détaillant le dispositif de guidage télescopique en position rétractée, représenté en ligne droite, respectivement au moment de sa dépose au fond de la mer, au début de l'opération de forage par lancement et en cours de forage à l'outil rotatif,
- 25 • la figure 5 est une coupe en vue de côté du dispositif de guidage télescopique partiellement déployée, représentée en ligne droite, détaillant les forces de poussée s'exerçant sur les divers éléments télescopiques et sur l'outil de forage, dans le cas d'un forage vertical conventionnel.
- 30 • la figure 6A est une vue de côté d'un support de surface de type DTU équipé d'un riser de forage connecté à un dispositif de guidage préinstallé sur le fond de la mer pour un forage en eau profonde dévié dans la hauteur de la tranche d'eau.

- la figure 6B représente un dispositif de guidage télescopique constitué de 3 éléments de conduites coaxiales télescopiques déployés, dans le cas d'un forage dévié dans la hauteur de la tranche d'eau,
- 5 • les figures 7 et 8 sont des vues de côté d'un dispositif de guidage associé à une ancre assurant la pénétration dans le sol, représenté respectivement avant et après pénétration dans le fond marin,
- les figures 9 et 10 sont des coupes en vue de côté selon les plans de coupe respectifs AA et BB du dispositif de guidage,
- 10 • les figures 11 et 12 sont des vues de côté d'un dispositif de guidage équipé d'ailerons latéraux assurant une pénétration variable dans le sol, représenté respectivement avant et après pénétration dans le fond marin,
- la figure 13 est une vue de gauche du dispositif de guidage selon la figure 6 détaillant les ailerons latéraux,
- 15 • la figure 14 est une vue de côté d'un dispositif de guidage équipé de conduites secondaires de lancement facilitant la dé-cohésion du sol lors de la phase de pénétration dans le fond marin,
- la figure 15 est la vue en coupe de la section courante relative à la figure 14,
- 20 • les figures 16 et 12 sont des vues de côté d'une structure associée au dispositif de guidage selon les figures 7 et 8, limitant l'enfoncement lors de la pénétration dans le sol, représenté respectivement avant et après ladite pénétration dans le fond marin,
- les figures 18 et 19 sont les sections selon les plans CC et DD relatifs à
25 la figure 16.

Dans la figure 1 on a représenté un dispositif de guidage constitué de 3 éléments de conduite télescopique 3a, 3b, 3c en position rectiligne, mis en œuvre dans le cadre d'un forage vertical conventionnel. Ledit
30 dispositif de guidage 3, constitué de trois éléments de conduite télescopiques 3a, 3b et 3c, est suspendu à un riser de forage 2 manutentionné par le derrick en surface, et descendu vers une embase de forage 45 reposant sur le fond de la mer 4. Un premier moyen de guidage

47 a été descendu au préalable le long des câbles guides 48, pour venir se centrer sur des poteaux guides 46, et reposer enfin directement sur l'embase. Pour la clarté du dessin le dispositif de guidage 3 a été représenté dans une position légèrement au dessus de ladite embase 45, 5 juste avant d'être déposée sur cette dernière. Ce premier moyen de guidage 47 comporte une forme d'entonnoir d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre extérieur de la portion 3a du dispositif de guidage 3 et qui, collaborant avec ce dernier, permet ainsi de le guider lors de sa descente vers l'embase 45. Lors de la descente, le dispositif de guidage 3 est 10 solidaire d'un second moyen de guidage 49 encastré dans ce dernier au niveau du plan DD et lui-même guidé le long des lignes guides 48.

La figure 2 représente le dispositif de guidage télescopique 3 en position rétractée ou repliée avec un orifice 31 permettant aux boues et aux 15 débris de forage d'être évacués au niveau du fond de la mer. Les éléments de conduite télescopique de ladite conduite télescopique de guidage 3 sont tubulaires et de diamètre de tailles décroissantes de manière à pouvoir coulisser les uns dans les autres. L'élément de conduite télescopique intermédiaire 3b du dispositif de guidage télescopique 3 est muni sur sa 20 partie avant d'une bague de coulisement étanche 32b assurant le guidage à frottement réduit de l'élément de conduite interne télescopique terminal 3c du dispositif de guidage télescopique 3 et sur sa partie arrière, une bague de coulisement non étanche 33b assurant le guidage à frottement réduit de l'élément de conduite télescopique externe 3a dudit dispositif de guidage 25 télescopique 3.

La portion 3a dudit dispositif de guidage est équipé sur l'avant d'une bague de coulisement étanche 32a assurant le guidage à frottement réduit de la portion 3b et est solidaire sur l'arrière du riser de forage en configuration de chaînette 2.

30 La portion 3c dudit dispositif de guidage est équipée sur l'avant d'un opercule 35 percé de multiples orifices, ou encore équipé d'une série de duses, permettant, par simple injection d'eau ou de boue sous très forte pression, de détruire la cohésion du sol et de permettre ainsi le démarrage

du puits par simple lançage, et sur l'arrière, d'une bague de coulissement non étanche 33c.

Des bagues de coulissements complémentaires 34 sont avantageusement installés, à intervalles réguliers ou non, respectivement

5 entre les portions 3a-3b et 3b-3c de manière à éviter que, lorsque les portions de dispositif de guidage sont fortement courbés, comme indiqué sur la figure 1, la paroi externe du guidage intérieur, par exemple 3b, ne vienne frotter directement sur la paroi interne de la portion 3a. Dans le cas de la portion 3b, ces bagues de coulissement 34 sont solidarisés à ladite

10 portion télescopique 3b de manière à présenter un frottement élevés vis à vis de cette portion 3b, c'est à dire qu'elles ont la possibilité de glisser lorsqu'ils sont soumis à un effort important s'appliquant parallèlement à l'axe longitudinal de ladite portion 3b. Ainsi, lorsque la portion 3b coulisse vers l'extérieur de 3a, la bague de coulissement 34 vient buter

15 contre la bague de coulissement étanche 32a et du fait qu'elle peut glisser sous effort important, le coulissement vers l'extérieur de 3b dans 3a n'est pas empêché. En fin de coulissement, toutes les bagues de coulissement 34 seront en contact avec ladite bague de coulissement 32a, la bague de coulissement 33b étant elle-même en contact avec lesdits bagues de

20 coulissement 34. Chacune des bagues de coulissement 34 est avantageusement munie dans sa partie externe d'un élément 34₁ à frottement réduit, de manière à minimiser les efforts longitudinaux de contact entre les parois des diverses portions du dispositif de guidage 3, lorsque ce dernier présente une courbure importante.

25 La figure 4 représente la phase de démarrage du forage, le dispositif de guidage étant installé au fond de la mer, les portions 3a, 3b et 3c étant en position rétractée.

L'outil de forage 36 est solidaire de l'extrémité inférieure du train de

30 tiges de forage 38 actionné depuis le derrick installé en surface sur le support flottant. Ledit outil de forage 36 est constitué d'une turbine 36₁ actionnée par un fluide sous pression, en général une boue de forage amenée par le train de tige 38, actionnant un porte outils 36₂ sur la face

avant duquel sont solidarisés les outils de coupe 36, et sur le fût duquel sont installés des outils de coupe rétractables 36₁, représentés en position rétractée sur la figure 3 et en position de travail sur la figure 4. Un piston 40, représenté sur la figure 5 est solidaire du train de tiges 38 et coulisse à l'intérieur du riser 2 de manière à réaliser une étanchéité entre l'amont et l'aval dudit piston 40.

Ainsi, en début d'opération de fonçage-forage, on descend depuis la surface l'outil de forage 36 solidaire de l'extrémité du train de tiges 38, de manière à atteindre la position décrite sur la figure 3. On obture l'orifice 31 par une vanne non représentée et l'on envoie à travers le train de tiges 38 un fluide sous forte pression. La turbine 36₁ tourne dans le vide et le fluide ne peut ressortir que par l'opercule 35 percé d'une multitude de petits trous. Le lançage ainsi créé à l'avant de la portion 3c du dispositif de guidage, assure la décohesion du sol et l'effet de piston dû à la surpression interne, pousse vers l'avant la portion 3c, entraînant éventuellement la portion 3b dudit dispositif de guidage.

Lorsque l'effet de lançage n'est plus suffisant pour engendrer l'avancement de la section frontale, le lançage est stoppé et l'outil de forage 36 est déplacé vers l'avant en poussant depuis la surface la longueur de train de tige 38 nécessaire. Un collier de centrage 37a solidaire de la turbine 36₁, coulisse librement à l'intérieur de la portion 3c du dispositif de guidage 3; ledit collier laisse passer librement les boues et les débris de forage, dans les deux sens, de l'aval vers l'amont. En fin de phase d'avancement, le collier 37a vient en butée avec une bague 37b solidaire de la portion 3c de dispositif de guidage, à l'intérieur de cette dernière. Les collier 37a et bague 37b présentent des portions filetées correspondantes, non représentées, ce qui, par simple rotation du train de tige depuis la surface, permet de solidariser mécaniquement le corps de la turbine 36₁ à la portion 3c du dispositif de guidage télescopique, tel que représenté sur la figure 4. Au cours de cette opération d'avance du train de tiges 38, on continue à injecter du fluide sous pression, ce qui permet de détruire à l'aide de l'outil de forage en rotation, l'opercule 35 de lançage, mais on

aura pris soin de rouvrir l'orifice 31, de manière à ce que les boues et résidus de forage ressortent au niveau du fond de la mer.

Pour faciliter la progression de l'outil 36 à l'intérieur du riser puis de la portion 3c du dispositif de guidage télescopique 3, ledit riser ainsi que ladite portion de guidage ont une section intérieure sensiblement identique et l'on installe avantageusement des centraliseurs 38a solidaires du train de tige et couissant librement dans ledit riser. De tels centraliseurs étant connue de l'homme de l'art dans le domaine du forage, ne seront pas développés plus en détails ici.

10

Dans la figure 4, le forage a commencé et les bras extensibles de l'outil de forage 36, sont déployés et agrandissent le forage à un diamètre correspondant au moins au diamètre de la portion 3b du dispositif de guidage 3. On contrôle avantageusement l'avancement de l'outil en ajustant depuis la surface, au moyen du derrick, la longueur du train de tige. Pour augmenter la force de poussée, on pressurise avantageusement depuis la surface l'annulaire compris entre le riser de forage et le train de tige 38. Ainsi, la pression P créée en amont du piston 40 étanche, crée une poussée F qui, par l'intermédiaire du train de tiges 38, pousse l'outil en avant, entraînant de ce fait les portions 3c puis 3b du dispositif de guidage télescopique jusqu'à complet déploiement comme illustré sur la figure 1.

20

En position finale, le train de tiges est manœuvré depuis la surface en rotation dans le sens du dévissage, de manière à libérer le corps de la turbine 36, de la bague 37, donc de la portion 3c du dispositif de guidage télescopique 3.

25

Après changement d'outil, le forage est ensuite effectué de manière conventionnelle, après avoir pris soin de fermer l'orifice 31 au moyen d'une vanne non représentée, de manière à récupérer en surface les boues de forage en vue de leur recyclage dans le processus de forage.

30

Pour éviter que les diverses portions 3b et 3c ne soient entraînées en rotation lors du vissage-dévissage du corps de la turbine sur l'extrémité avant de la portion 3c, lesdites portions 3a, 3b et 3c, peuvent être avantageusement des formes tubulaires carrées ou hexagonales. Dans le

cas de forme tubulaire circulaires, un indexage sera avantageusement intégré au niveau des paliers de coulissement 33.

La conduite de guidage télescopique 3a, 3b, 3c a été décrite ci-dessus
5 dans une application liée au forage vertical, mais elle s'applique aussi en forage dévié conformément à la figure 6A. Les équipements et opérations restent sensiblement les mêmes, étant entendu toutefois que la conduite de guidage télescopique 3 présente une courbure de par sa position inclinée, conformément à la représentation de la figure 6B, le dispositif de guidage 3
10 étant rendu solidaire de l'embase de forage au niveau du plan AA.

Dans la figure 6B on a représenté, en vue de côté, un dispositif de guidage 3 courbé, constitué de trois éléments de conduite télescopiques 3a, 3b et 3c. L'élément de conduite télescopique 3a est encastrée au niveau du plan
15 AA dans une structure supérieure externe rigide 20 décrite plus loin en liaison avec la figure 17.

Dans les figures 7 à 19 on a représenté la conduite de guidage télescopique 3 dans le cadre d'un forage dévié c'est à dire en position inclinée et courbe
20 d'une part, et d'autre part en position rétractée, c'est à dire avec les différents éléments de conduite télescopique 3a, 3b, 3c, les plus petits à l'intérieur des plus grands. C'est pourquoi dans la suite de la description lorsque l'on se réfère à ladite conduite de guidage, il s'agit d'une conduite de guidage télescopique en position rétractée, c'est à dire les éléments de
25 conduite télescopique de plus petits diamètres étant tous coulissés à l'intérieur de l'élément de conduite télescopique externe. Lorsque l'on se réfère à des éléments coopérants avec ladite conduite de guidage télescopique, il s'agit de l'élément coopérant avec l'élément de conduite télescopique externe 3a, des figures 1 à 5.

30

La figure 6A est une vue de côté d'un support de surface 1 de type DTU équipé d'un engin de forage et d'équipements de traitement. Un riser de forage 2 en configuration de chaînette, est connecté à une conduite de

guidage 3 au moyen d'un connecteur automatique sous marin 2₁. La structure 3₄ schématise les moyens d'enfoncement contrôlé. Un ensemble de contrôle de puits sous-marin 2₂ est associé à cette entrée du puits et permet de fermer le puits en cas d'éruption. Le forage est effectué de manière conventionnelle depuis la surface à travers le riser de forage 2 et à travers le dispositif de guidage 3-3₄, jusqu'à atteindre le réservoir.

Ledit riser de forage 2 dévie progressivement depuis une position sensiblement verticale 2a au niveau dudit support flottant 1 jusqu'à une position sensiblement horizontale ou tangentielle à l'horizontale 2b au fond de la mer, le forage pouvant être réalisé depuis ledit support flottant 1 à travers ledit riser de forage 2 et ledit dispositif de guidage télescopique rétracté 3 de manière à ce que le puit de forage s'amorce dans le fond de la mer selon une inclinaison donnée α par rapport à l'horizontale, de préférence de 10 à 80°.

Les moyens d'enfoncement contrôlé 3₄, 5₁-5₃, 7₁-7₃, 8-9, 13 décrits dans les figures 7 à 19 permettent l'enfoncement de ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 dans le fond de la mer lorsque ladite conduite de guidage 3 télescopique rétractée est tractée T au fond de la mer à son extrémité avant 3₁,

- depuis une position initiale A1 où ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 repose entièrement par-dessus le fond de la mer dans une position sensiblement horizontale,

- jusqu'à une position enfoncée A2 dans le sous-sol du fond de la mer, position enfoncée dans laquelle ladite conduite de guidage

télescopique rétractée 3 comprend successivement :

. une extrémité avant 3₁ reposant sensiblement horizontalement sur le fond de la mer,

. une portion intermédiaire courbe de conduite de guidage télescopique rétractée enfoncée dans le sous-sol du fond de la mer selon un grand rayon de courbure, de préférence un rayon de courbure supérieur à 500 m et,

. une portion arrière sensiblement linéaire inclinée 3₃ à l'extrémité arrière de ladite conduite de guidage télescopique

rétractée 3 enfoncée dans le sous-sol du fond de la mer selon une dite inclinaison donnée α .

Dans un premier mode préféré de l'invention, lesdits moyens
5 d'enfoncement contrôlé comprennent :

- une semelle avant 5₁ posée sur le fond de la mer et supportant ladite extrémité avant 3₁ de la conduite de guidage télescopique rétractée et solidaire de celle-ci,
- au moins une semelle intermédiaire 5₂, 5₃ supportant ladite portion
10 intermédiaire courbe 3₂ et/ou de la portion arrière 3₃ de ladite conduite de guidage télescopique rétractée et solidaire de celle-ci, dont la surface est plus petite que celle de ladite semelle avant 5₁, de préférence plusieurs dites semelles intermédiaires 5₂, 5₃ réparties le
15 long desdites portion intermédiaire 3₂ et portion arrière 3₃ de ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 dont la surface est de plus en plus petite par rapport à ladite semelle avant au fur et à mesure qu'elles sont plus proches de ladite extrémité arrière 3₃ de la conduite de guidage, et
- une ancre 13 reliée 12 à ladite extrémité arrière 3₃ et apte à
20 s'enfoncer dans le sol sous l'effet de ladite traction de ladite extrémité avant 3₁.

On comprend que dans le premier mode préféré de réalisation décrit
ci-dessus, liaison avec la figure 6B, lesdites semelles supportent en fait
25 l'élément de conduite télescopique externe de plus grand diamètre 3a.

La figure 7 illustre cette première version du dispositif de guidage selon l'invention, dans laquelle, le dispositif de guidage est remorqué sur site par l'intermédiaire d'un câble 10 relié à l'avant du dispositif de guidage
30 par l'intermédiaire d'une tête de traction 11, l'arrière dudit dispositif de guidage étant relié par un second câble 12 à une ancre à très hautes performances 13 de type Stevpriss® ou Stevmanta® de la Société VRYHOFF (Hollande). La partie avant 3₁ du dispositif de guidage est

solidaire d'une semelle 5₁ de surface importante et reposant sur le fond de la mer de manière à limiter la pénétration dans le sol. De la même manière des semelles 5₂, 5₃ de dimensions plus faibles sont réparties le long de la conduite de guidage télescopique rétractée, leur surface portante diminuant
5 au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'arrière 3₃ de ladite conduite de guidage. L'avant 3₁ est de plus stabilisée par une embase comprenant une charge 6 solidaire de la semelle 5₁ créant ainsi un encastrement du dispositif de guidage dans ladite embase 6, comme illustré dans la figure 8.

En exerçant une traction sur le câble de remorquage 10, l'ensemble
10 entraîne l'ancre qui commence alors à s'enfoncer 25, entraînant 24 de ce fait l'extrémité arrière 3₃ de la conduite de guidage. La forme circulaire de la conduite de guidage ne freine que modérément la pénétration, alors que les semelles 5₂, 5₃ réparties sur la longueur s'opposent à la pénétration avec une force proportionnelle à leur surface. La semelle avant 5₁ étant quant à
15 elle de grandes dimensions, l'avant du dispositif de guidage reste en surface et le corps-mort 6 stabilise l'ensemble de telle manière que l'axe du dispositif de guidage reste sensiblement horizontal, donc parallèle au fond de la mer 4.

Un procédé de réalisation d'un dispositif de guidage de ce type
20 consiste à réaliser une traction de l'extrémité avant 3₁ de ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 jusqu'à ce que lesdites semelle intermédiaires 5₂, 5₃ se retrouvent enfoncées dans le sol de plus en plus profond au fur et à mesure qu'elles sont plus proches de l'extrémité arrière 3₃ de conduite de guidage pour obtenir la courbure recherchée R, de
25 préférence un rayon de courbure supérieur à 500 m de préférence encore entre 500 et 1000 m.

Dans un autre mode de réalisation préféré de l'invention, illustré sur les figures 11, 12 et 13, lesdits moyens d'enfoncement contrôlé
30 comprennent au moins un déflecteur 7₁, 7₂, 7₃ solidaire de l'élément de conduite télescopique externe de ladite conduite de guidage télescopique 3 dans ladite portion intermédiaire 3₂ ou ladite portion arrière 3₃ de l'élément de conduite externe télescopique de guidage comprenant des surfaces

planes, de préférence symétriques par rapport au plan axial vertical XX' , YY' de ladite conduite de guidage dans la direction longitudinale lorsque celle-ci est en position horizontale rectiligne, et lesdites surfaces planes des déflecteurs étant inclinées par rapport à un plan axial horizontal XX' , ZZ' de ladite conduite de guidage lorsque celle-ci est en position horizontale sur le fond de la mer, ledit déflecteur 7_1 , 7_2 , 7_3 étant incliné d'un angle α_1 , α_2 , α_3 de manière à créer un enfoncement de ladite conduite de guidage lorsque celle-ci est tractée depuis ladite position initiale A1 sensiblement horizontale jusqu'à une dite position enfoncée A2 dans le fond de la mer.

Ces déflecteurs 7_1 , 7_2 , 7_3 permettent de contrôler la courbure de la conduite de guidage télescopique rétractée enfoncée dans le fond de la mer car, une fois que lesdits déflecteurs sont en position horizontale, comme représenté sur la figure 12, ils empêchent l'enfoncement supplémentaire de la conduite et la stabilisent dans la position recherchée A2. On comprend que c'est l'espacement et l'inclinaison des déflecteurs qui déterminent la courbure et plus généralement la forme de la conduite de guidage télescopique rétractée en position enfoncée A2.

De préférence, le dispositif de guidage comprend une pluralité de déflecteurs $7_1, 7_2, 7_3$ répartis le long de l'élément de conduite externe de ladite conduite de guidage télescopique, inclinés selon des angles α_1 , α_2 , α_3 , se réduisant au fur et à mesure que ledit déflecteur $7_1, 7_3$ est plus proche de ladite extrémité avant 3.

La conduite de guidage est donc équipée de plusieurs déflecteurs $7_1, 7_3$ solidaires de la conduite de guidage et orientés α_1, α_3 par rapport à l'axe XX' de cette dernière. Le déflecteur $7_1, 7_3$ est par exemple une simple tôle plane, de préférence renforcée, de préférence symétrique selon les plans axiaux verticaux XX' , YY' et horizontaux XX' , ZZ' de la conduite de guidage, soudée sur la conduite de guidage dispositif de guidage comme illustré sur la figure 12. Cet angle est ajusté préalablement lors de la fabrication du dispositif de guidage, de manière à agir comme l'ancre 13 décrite dans les figures 7, 8 c'est à dire à créer un enfoncement de la conduite de guidage télescopique rétractée, cet enfoncement étant limité du

fait de l'angle α . En effet, lors de la traction T exercée sur le câble 10 de remorquage, les déflecteurs 7₁-7₃ s'enfoncent, entraînant 24 localement la conduite de guidage, jusqu'à ce que le déflecteur soit sensiblement parallèle à l'effort de traction sur le câble 10, c'est à dire sensiblement parallèle au fond de la mer 4, ou encore sensiblement horizontal, position dans laquelle il n'exercera alors plus d'effort vertical vers le bas, tendant à faire descendre l'ensemble.

On disposera avantageusement le long du dispositif de guidage une multitude de déflecteurs 7₁-7₃, identiques ou non, chacun d'entre eux présentant un angle $\alpha_1 - \alpha_3$, se réduisant au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'extrémité avant 3₁, comme illustré sur la figure 11. Lors de la pénétration 24 dans le sol, on obtient alors, dès que l'ensemble des déflecteurs 7₁-7₃ ont atteint une position sensiblement horizontale, la courbure recherchée, comme illustré sur la figure 12.

Un procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon ce deuxième mode de réalisation consiste à réaliser une traction T de l'extrémité avant 3₁ de ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 jusqu'à ce que lesdits déflecteurs 7₁, 7₂, 7₃ se retrouvent enfoncés dans le sol dans une position horizontale pour obtenir une dite courbure recherchée de préférence à un rayon de courbure supérieur à 500 m de préférence encore entre 500 et 1000 m.

Les figures 14 et 15 illustrent une autre version préférée de l'invention dans laquelle lesdits moyens d'enfoncement contrôlé comprennent :

- des conduites secondaires 8 de lançage de fluide 18 solidaires de l'élément de conduite télescopique externe de ladite conduite de guidage 3, s'étendant parallèlement à celle-ci et en sous-face de celle-ci, et
- lesdites conduites secondaires 8 présentant un diamètre réduit par rapport à celui desdits éléments de ladite conduite de guidage télescopique 3 et comprenant des perforations 9 en sous-face permettant d'expulser un fluide 18 en direction du fond de la mer

lorsque lesdites conduites secondaires 8 sont alimentées par un dit fluide 18 sous pression.

De préférence, lesdites conduites secondaires 8 sont reliées par leurs extrémités 8₁, 8₂ aux extrémités avant et arrière 3₁, 3₂ dudit élément de conduite externe de ladite conduite de guidage télescopique et communiquent avec lesdites extrémités avant 3₁ et arrière 3₂ de sorte qu'il est possible de les alimenter par une même conduite d'alimentation 19 depuis ladite extrémité avant 3₁ de ladite conduite de guidage télescopique 3.

Sur la figure 15, on a représenté deux conduites secondaires 8 disposées symétriquement par rapport à la conduite de guidage 3.

Sur la figure 14, la conduite secondaire 8 est reliée à leurs deux extrémités, à la conduite de guidage 3 par des clapets anti-retour 8₁, 8₂. Ladite conduite de guidage 3 est elle-même hermétiquement fermée à ses deux extrémités, d'une part par la tête de traction 11 et d'autre part par un bouchon 14. Un orifice est relié par une conduite d'alimentation en eau 19, au navire de surface 1 disposant des moyens de pompage nécessaires. Ainsi, lors du remorquage, la conduite de guidage peut être allégée par remplissage de gaz sous pression à travers la conduite, l'excédent de pression s'échappant par les clapets anti-retour 8₁, 8₂, puis par les orifices 9 des conduites secondaires 8. Dès que l'ensemble est déposé sur le fond 4, on injecte, par les mêmes conduites 8, avantageusement de l'eau sous forte pression, ce qui aura pour effet d'alourdir l'ensemble par remplissage de la conduite de guidage 3, puis d'effectuer une dé-cohésion du sol en sous face, ce qui facilite l'enfoncement de la conduite de guidage.

Un procédé de réalisation d'un dispositif de guidage de ce type comprend des étapes dans lesquelles :

- on injecte un gaz sous pression dans lesdites conduites secondaires 8 lorsque l'on veut remorquer la conduite de guidage télescopique rétractée 3 sur le fond de la mer et

- on injecte un liquide sous pression de préférence de l'eau dans lesdites conduites secondaires 8 et de préférence dans ladite conduite de guidage télescopique 3 obturée à ces extrémités 3₁, 3₂ et communiquant avec lesdites extrémités 8₁, 8₂ desdites conduites secondaires 8 lorsqu'on veut enfoncer ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3.

Dans une autre version préférée de l'invention illustrée sur les figures 16 à 19, on adjoint avantageusement à l'un quelconque des dispositifs selon les figures 7 à 15, une structure supérieure externe rigide 20, encastrée sur l'avant 3₁ de l'élément de conduite externe télescopique de la conduite de guidage 3, l'ensemble reposant sur le sol par l'intermédiaire de semelles latérales 21, comme illustré sur la figure 19, détaillant la section selon le plan DD.

Plus précisément, le dispositif de guidage comprend :

- une structure supérieure externe rigide 20 recouvrant et maintenant rectiligne ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 lorsque celle-ci est sensiblement horizontale et repose sur le fond de la mer,
- ladite structure externe 20 présentant une ouverture centrale longitudinale en sous-face permettant à ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 de s'enfoncer dans le sol lorsque celle-ci est tractée T, et
- au moins un lien 17₁, 17₂, 17₃ reliant au moins la partie arrière 3₂ de l'élément de conduite télescopique externe de ladite conduite de guidage télescopique rétractée à ladite structure externe 20 de manière à empêcher un enfoncement de celle-ci au delà d'une profondeur donnée de manière à limiter la courbure R de ladite portion courbe, et
- ladite structure supérieure externe 20 reposant sur le sol au fond de la mer 4 de préférence par l'intermédiaire de semelles latérales 21 situées de part et d'autre de ladite ouverture centrale

longitudinale 22, lesdites semelles latérales 21 empêchant l'enfoncement de ladite structure externe rigide 20, et

- ladite structure externe 20 étant solidaire de ladite embase 6 dans laquelle ladite portion avant 3₁ de l'élément de conduite télescopique externe de ladite conduite de guidage télescopique rétractée 3 est encastrée.

La portion courante de la conduite de guidage est libre de se déplacer verticalement à travers l'ouverture centrale 22 de la structure 20, comme illustré sur la figure 18 détaillant la section selon le plan CC, des éléments de structure 23 limitant les déplacements latéraux.

De préférence, le dispositif de guidage comprend :

- une pluralité de liens souples 17₁, 17₂, 17₃, répartis le long de l'élément de conduite télescopique externe de la conduite de guidage télescopique 3 et présentant une longueur croissante au fur et à mesure qu'ils sont plus proches de l'extrémité arrière 3₃ de la conduite de guidage 3 et dont la longueur est telle que ladite conduite de guidage présente une dite portion courbe à la courbure R voulue et une dite portion arrière 3₃ linéaire.

Ces liens souples 17₁, 17₂, 17₃ sont par exemple des câbles ou des chaînes reliés d'une part sur la structure externe 20 en 26 et sur la conduite de guidage en 27. Lesdits points d'accrochage 26-27 sont représentés sur la figure 17. Ces liaisons souples 17₁-17₃ sont réparties le long de la conduite de guidage, de manière uniforme ou non, et présentent une longueur variable, décroissante lorsque l'on se rapproche de l'avant 3₁ de l'élément de conduite télescopique externe de la conduite de guidage. Leur position et leur longueur sont déterminées, de telle manière qu'en fin de pénétration dans le sol, lorsqu'elles sont toutes en tension, la courbe recherchée est obtenue comme illustré sur la figure 17. Pour éviter l'enfoncement dans le sol de la structure 20, une multitude de semelles latérales 21 est installée en sous-face, de manière à créer une assise suffisante.

Un procédé de réalisation d'un dispositif de guidage de ce type consiste essentiellement à réaliser une traction T de l'extrémité avant 3₁ de

l'élément de conduite externe de ladite conduite de guidage télescopique 3 de ladite structure externe rigide 20 solidaire de ladite conduite de guidage jusqu'à ce que le ou lesdits liens 17₁-17₃ empêchent un enfoncement supplémentaire d'au moins ladite partie arrière 3, de ladite conduite de guidage télescopique rétractée pour obtenir la courbure recherchée R de préférence un rayon de courbure supérieur à 500 m, de préférence encore entre 500 et 1000 m.

Tous ces moyens d'enfoncement contrôlé 5₁-5₃, 7₁-7₃, 13, 20, 17₁-17₃, selon l'invention décrits dans les différents modes de réalisation ci-dessus peuvent être mis en œuvre, soit individuellement, soit en combinaison, la nature du sol nécessitant dans le cas de fortes cohésion des moyens extrêmement puissants.

La structure externe 20 est de préférence continue le long de la conduite de guidage et représente une masse supplémentaire de 25 à 75 tonnes. Le lançage est effectué avec de l'eau pressurisé depuis la surface à des pressions de 20 à 100 bars dans des conduites secondaires 8.

Dans le cas du dispositif de guidage télescopique, à titre d'illustration, les portions 3a-3b-3c ont un diamètre respectif de 0,55 m (21"), 0,45 m (18") et 0,40 m (16") et une longueur de 100 à 150m chacune.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de guidage (3) d'une installation de forage en mer
5 comprenant au moins un riser de forage (2) s'étendant depuis un support
flottant (1) jusqu'au dit dispositif de guidage (3) au fond de la mer (4), ledit
forage pouvant être réalisé depuis ledit support flottant, à l'aide d'un train
de tige de forage (38) équipé à son extrémité d'outils de forage (36) passant
à travers ledit riser de forage (2) et ledit dispositif de guidage (3), ledit
10 dispositif de guidage (3) étant caractérisé en ce qu'il comprend une
conduite de guidage télescopique (3) comprenant des éléments de conduite
télescopiques (3a, 3b, 3c) coaxiaux (XX') et diamètres décroissants de
manière à ce que lesdits éléments de conduite télescopiques peuvent
coulisser dans la direction axiale (XX') les uns dans les autres, l'élément de
15 conduite télescopique interne (3c) de plus petit diamètre étant équipé à son
extrémité d'un moyen de décohésion (35) du sol apte à créer un
enfoncement progressif dans le sol de ladite conduite de guidage
télescopique (3) par coulisement vers l'extérieur desdits éléments de
conduite télescopiques (3a, 3b, 3c) pour permettre ainsi de guider plus
20 profondément dans le sol un outil de forage (36) à l'extrémité dudit train
de tige (38).

2. Dispositif de guidage selon la revendication 1 caractérisé en
ce que ledit élément de conduite interne (3c) de plus petit diamètre
25 présente un diamètre sensiblement identique à celui dudit riser de forage
(2).

3. Dispositif de guidage selon la revendication 1 ou 2 caractérisé
en ce que lesdits moyens de décohésion du sol (35) sont constitués par un
30 opercule multi-perforé permettant de le lançage d'eau ou de boue par
injection sous très forte pression.

4. Dispositif de guidage selon l'une des revendications 1 à 3 caractérisé en ce qu'il comprend au moins 3 éléments de conduite télescopique coaxiaux (3a, 3b, 3c).
5. Dispositif selon l'un des revendication 1 à 4 caractérisé en ce que chacun desdits éléments de conduite coaxiaux-télescopiques (3a, 3b, 3c) présentent une longueur de 50 à 300 mètres, de préférence 100 à 200 mètres et ladite conduite de guidage déployée présente une longueur de 150 à 600 mètres de préférence 200 à 300 mètres.
6. Dispositif de guidage (3) selon l'une des revendications 1 à 5 caractérisé en ce qu'il comprend une dite conduite de guidage télescopique (3) utile dans une installation de forage en mer dans laquelle au moins un riser de forage (2) s'étend depuis un support flottant (1) jusqu'audit dispositif de guidage (3) au fond de la mer (4), ledit riser de forage (2) déviant progressivement depuis une position sensiblement verticale (2a) au niveau dudit support flottant (1) jusqu'à une position sensiblement horizontale ou tangentielle à l'horizontale (2b) au fond de la mer (4), ledit forage pouvant être réalisé depuis ledit support flottant à travers ledit riser de forage (2) et ledit dispositif de guidage (3) de manière à ce que le puit de forage dans le fond de la mer soit amorcé selon une inclinaison donnée (α) par rapport à l'horizontale de préférence de 5 à 60°, de préférence encore de 25 à 45°, ledit dispositif de guidage (3) étant caractérisé en ce qu'il comprend une dite conduite de guidage télescopique (3) dans une position enfoncée (A2) dans laquelle ladite conduite de guidage télescopique en position rétractée (3) ou l'élément de conduite télescopique externe (3a) lorsque ladite conduite télescopique (3) est déployée, comprennent successivement :
- . une extrémité avant (3₁) reposant sensiblement horizontalement sur le fond de la mer,
 - . une portion intermédiaire courbe (3₂) enfoncée dans le sous-sol du fond de la mer selon un grand rayon de courbure (R), de

de préférence un rayon de courbure supérieur à 500 m et,
une portion arrière (3₃), sensiblement linéaire, enfoncée dans le
sous-sol du fond de la mer selon une dite inclinaison donnée (α),
ladite conduite de guidage (3) télescopique ou ledit élément télescopique
5 externe (3a) coopérant avec des moyens d'enfoncement contrôlé (3₄, 5₁-5₃,
7₁-7₃, 8-9, 13) permettant l'enfoncement de ladite conduite de guidage
télescopique rétractée (3) dans le fond de la mer lorsque ladite conduite de
guidage télescopique rétractée (3) est tractée (T) au fond de la mer à son
extrémité avant (3₁), depuis une position initiale (A1) où ladite conduite de
10 guidage télescopique rétractée (3) repose entièrement par-dessus le fond de
la mer dans une position sensiblement horizontale, jusqu'à une dite
position enfoncée (A2) dans le sous-sol du fond de la mer.

7. Dispositif de guidage selon la revendication 6, caractérisé en
15 ce que ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) présente une
longueur de 100 à 600 m, de préférence 250 à 450 m avec dite inclinaison
donnée (α) de la conduite de guidage d'environ 10° à 60°, de préférence 25 à
45°.

20 8. Dispositif de guidage selon la revendication 6 ou 7, caractérisé
en ce que ladite extrémité avant (3₁) est encastrée dans une embase (6)
comprenant une charge reposant sur une semelle avant (5₁) de sorte que
ladite embase (6) maintient ladite extrémité avant (3₁) sensiblement
horizontalement sur le fond de la mer lorsque celle-ci est tractée (T).

25

9. Dispositif de guidage selon l'une des revendications 6 à 8,
caractérisé en ce que lesdits moyens d'enfoncement contrôlé comprennent :

- une semelle avant (5₁) posée sur le fond de la mer et supportant
ladite extrémité avant (3₁) et solidaire de celle-ci,
- 30 - au moins une semelle intermédiaire (5₂, 5₃) supportant ladite
portion intermédiaire courbe (3₂) et/ou de la portion arrière (3₃)
et solidaire de celle-ci, dont la surface est plus petite que celle de

ladite semelle avant (5₁), de préférence plusieurs dites semelles intermédiaires (5₂, 5₃) réparties le long desdites portion intermédiaire (3₂) et portion arrière (3₃) dont la surface est de plus en plus petite par rapport à ladite semelle avant au fur et à mesure qu'elles sont plus proches de ladite extrémité arrière (3₃),
5 et

- une ancre (13) reliée (12) à ladite portion arrière (3₃) et apte à s'enfoncer dans le sol sous l'effet de ladite traction de ladite extrémité avant (3₁).

10

10. Dispositif de guidage suivant l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que lesdits moyens d'enfoncement contrôlé comprennent au moins un déflecteur (7₁, 7₂, 7₃) solidaire dudit élément de conduite télescopique externe (3a) de ladite conduite de guidage télescopique (3)
15 dans ladite portion intermédiaire (3₂) ou ladite portion arrière (3₃) de la conduite de guidage télescopique rétractée, comprenant des surfaces planes de préférence symétriques par rapport au plan axial vertical (XX', YY') de ladite conduite de guidage dans la direction longitudinale lorsque celle-ci est en position horizontale rectiligne, et lesdites surfaces planes des
20 déflecteurs étant inclinées par rapport à un plan axial horizontale (XX', ZZ') de ladite conduite de guidage lorsque celle-ci est en position horizontale sur le fond de la mer, ledit déflecteur (7₁, 7₂, 7₃) étant incliné d'un angle (α_1 , α_2 , α_3) de manière à créer un enfoncement de ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) lorsque celle-ci est tractée depuis
25 ladite position initiale (A1) sensiblement horizontale jusqu'à une dite position enfoncée (A2) dans le fond de la mer.

11. Dispositif de guidage selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité de déflecteurs (7₁, 7₂, 7₃) répartis le long de
30 l'élément de conduite télescopique externe (3a) de ladite conduite de guidage télescopique, lesdits déflecteurs étant inclinés selon des angles (α_1 , α_2 , α_3) se réduisant au fur et à mesure que ledit déflecteur (7₁, 7₂, 7₃) est plus proche de ladite extrémité avant (3₁).

12. Dispositif de guidage selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que lesdits moyens d'enfoncement contrôlé comprennent :

- des conduites secondaires (8) de lançage de fluide (18) solidaires de ladite conduite de guidage télescopique (3), s'étendant parallèlement à celle-ci et en sous-face de celle-ci, et
- lesdites conduites secondaires (8) présentant un diamètre réduit par rapport à celui de la conduite de guidage télescopique (3) et comprenant des perforations (9) en sous-face permettant d'expulser un fluide (18) en direction du fond de la mer lorsque lesdites conduites secondaires (8) sont alimentées par un dit fluide (18) sous pression.

13. Dispositif de guidage selon la revendication 12, caractérisé en ce que lesdites conduites secondaires (8) sont reliées par leurs extrémités (8₁, 8₂) aux extrémités avant et arrière (3₁, 3₂) de ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) et communiquent avec lesdites extrémités avant (3₁) et arrière (3₂) de sorte qu'il est possible de les alimenter par une même conduite d'alimentation (19) depuis ladite extrémité avant (3₁) de ladite conduite de guidage (3).

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le dispositif de guidage comprend :

- une structure supérieure externe rigide (20) recouvrant et maintenant rectiligne ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) lorsque celle-ci est sensiblement horizontale et repose sur le fond de la mer,
- ladite structure externe (20) présentant une ouverture centrale longitudinale en sous-face permettant à ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) de s'enfoncer dans le sol lorsque celle-ci est tractée (T), et
- au moins un lien (17₁, 17₂, 17₃) reliant au moins la partie arrière (3₂) de l'élément de conduite télescopique externe (3a) de la

conduite de guidage télescopique (3) à ladite structure externe (20) de manière à empêcher un enfoncement de celle-ci au delà d'une profondeur donnée de manière à limiter la courbure (R) de ladite portion courbe, et

5 - ladite structure supérieure externe (20) reposant sur le sol au fond de la mer (4) de préférence par l'intermédiaire de semelles latérales (21) situées de part et d'autre de ladite ouverture centrale longitudinale (22), lesdites semelles latérales (21) empêchant l'enfoncement de ladite structure externe rigide (20),
10 et.

- ladite structure externe (20) étant solidaire de ladite embase (6) dans laquelle ladite portion avant (3₁) de la conduite de guidage (3) est encastrée.

15 15. Dispositif de guidage selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comprend une pluralité de liens souples (17₁, 17₂, 17₃) répartis le long de l'élément de conduite télescopique externe (3a) de ladite conduite de guidage télescopique (3) et présentant une longueur croissante au fur et à mesure qu'ils sont plus proches de l'extrémité arrière (3₃) de la conduite
20 de guidage (3) et dont la longueur est telle que ladite conduite de guidage présente une dite portion courbe à la courbure (R) voulue et une dite portion arrière (3₃) linéaire.

16. Procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon les
25 revendication 6 à 15, caractérisé en ce qu'on réalise des étapes dans lesquelles :

- on met en place une dite conduite de guidage télescopique en position rétractée (3) dans une dite position initiale (A1) reposant sensiblement horizontalement et de façon rectiligne sur
30 le fond de la mer, ladite conduite de guidage télescopique (3) coopérant avec desdits moyens d'enfoncement contrôlé (3₄, 5₁-5₃, 7₁-7₃, 8-9, 13), et

- on réalise une traction (T) au fond de la mer de ladite extrémité avant (3₁) de ladite conduite de guidage télescopique en position rétractée (3), de préférence dans la direction longitudinale axiale XX' de ladite conduite de guidage, depuis ladite position initiale (A1) jusqu'à une dite position enfoncée (A2).

17. Procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon la revendication 16, caractérisé en ce qu'on utilise des dispositifs de guidage selon la revendication 8 ou 9 et on réalise une traction (T) de l'extrémité avant (3₁) de ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) jusqu'à ce que lesdites semelles intermédiaires (5₂, 5₃) se retrouvent enfoncées dans le sol de plus en plus profond au fur et à mesure qu'elles sont plus proches de l'extrémité arrière (3₃) de conduite de guidage pour obtenir la courbure recherchée (R), de préférence un rayon de courbure supérieur à 500 m de préférence encore entre 500 et 1000 m.

18. Procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce qu'on utilise un dispositif de guidage selon la revendication 10 ou 11 et on réalise une traction (T) de l'extrémité avant (3₁) de ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) jusqu'à ce que lesdits déflecteurs (7₁, 7₂, 7₃) se retrouvent enfoncés dans le sol dans une position horizontale pour obtenir une dite courbure recherchée de préférence à un rayon de courbure supérieur à 500 m de préférence encore entre 500 et 1000 m.

19. Procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon l'une des revendications 16 à 18, caractérisé en ce qu'on utilise un dispositif de guidage selon l'une des revendications 12 ou 13 et

- on injecte un gaz sous pression dans lesdites conduites secondaires (8) lorsque l'on veut remorquer la conduite de guidage (3) sur le fond de la mer et

- on injecte un liquide sous pression de préférence de l'eau dans lesdites conduites secondaires (8) et de préférence dans ladite

conduite de guidage télescopique (3) obturée à ces extrémités (3_1 , 3_2) et communicant avec lesdites extrémités (8_1 , 8_2) desdites conduites secondaires (8) lorsqu'on veut enfoncer ladite conduite de guidage (3).

5

20. Procédé de réalisation d'un dispositif de guidage selon l'une des revendications 16 à 19, caractérisé en ce qu'on utilise un dispositif de guidage selon l'une des revendications 14 ou 15 et on réalise une traction (T) de l'extrémité avant (3_1) de ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) de ladite structure externe rigide (20) solidaire de ladite conduite de guidage jusqu'à ce que le ou lesdits liens (17_1 , 17_3) empêchent un enfoncement supplémentaire d'au moins ladite partie arrière (3_3) de ladite conduite de guidage télescopique rétractée (3) pour obtenir la courbure recherchée (R) de préférence un rayon de courbure supérieur à 15 500 m, de préférence encore entre 500 et 1000 m.

21. Installation de forage en mer comprenant un riser de forage (2) s'étendant depuis un support flottant jusqu'à un dit dispositif de guidage (3) selon l'une des revendications 1 à 15 auquel ledit riser de 20 forage (2) est connecté.

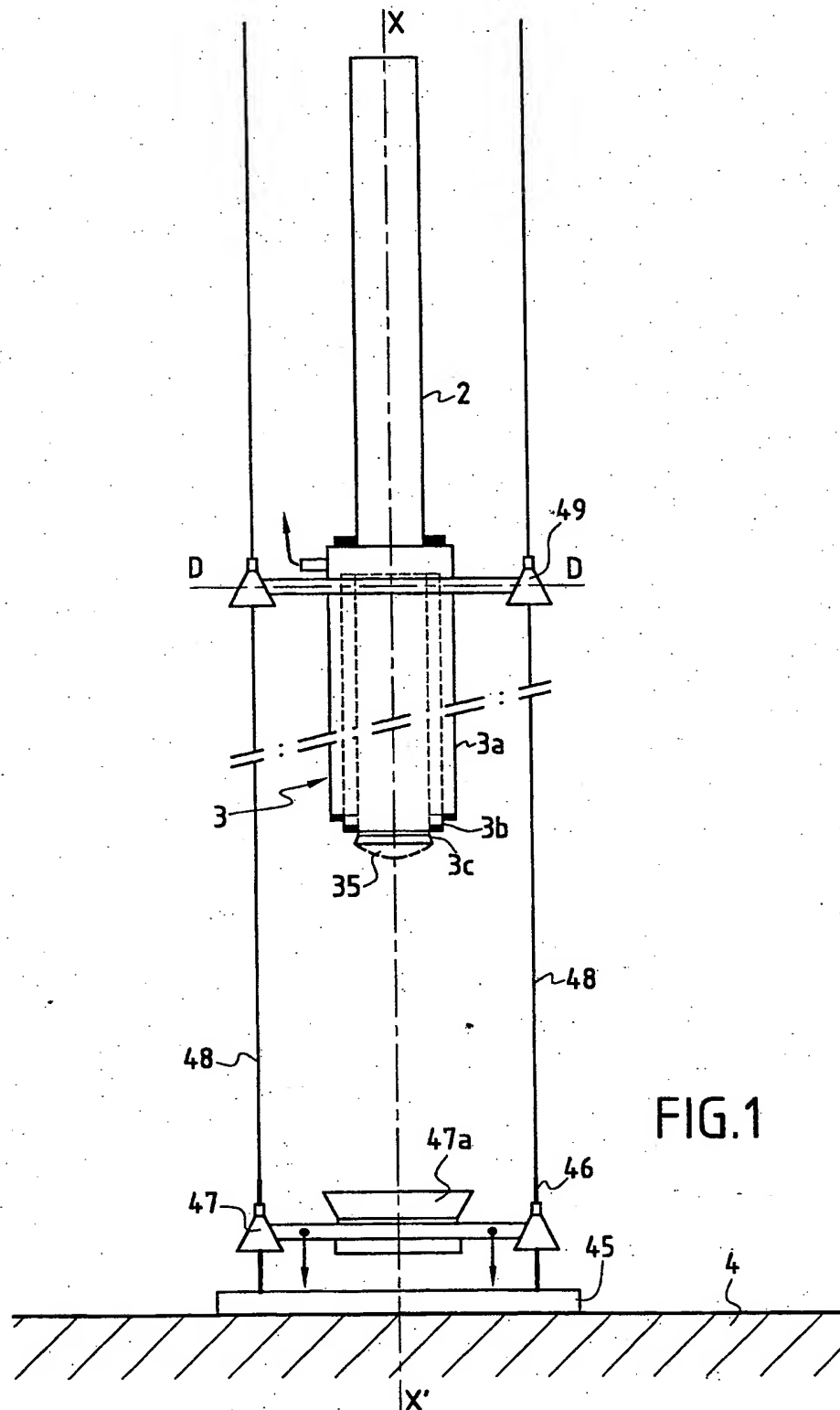
22. Installation de forage en mer selon la revendication 21, comprenant un riser de forage (2) s'étendant depuis un support flottant (1) jusqu'à un dispositif de guidage (3) selon l'une des revendications 6 à 15, 25 auquel ledit riser de forage est connecté, ledit riser de forage (2) dévient progressivement depuis une position sensiblement verticale ($2a$) au niveau dudit support flottant (1) jusqu'à une position sensiblement horizontale ou tangentielle à l'horizontale ($2b$) au fond de la mer, le forage pouvant être réalisé depuis ledit support flottant (1) à travers ledit riser de forage (2) et 30 ledit dispositif de guidage (3) de manière à ce que le puit de forage s'amorce dans le fond de la mer selon une inclinaison donnée (α) par rapport à l'horizontale, de préférence de 10 à 80°.

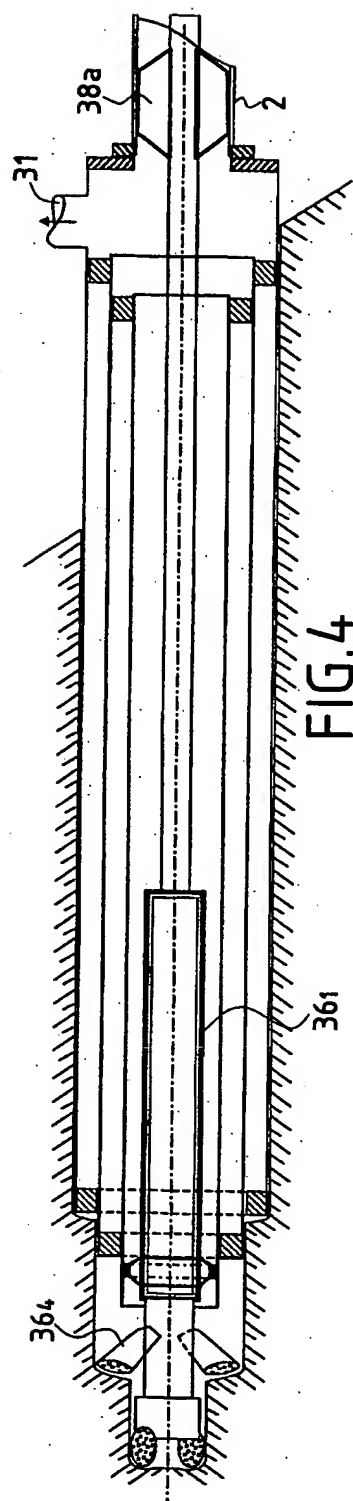
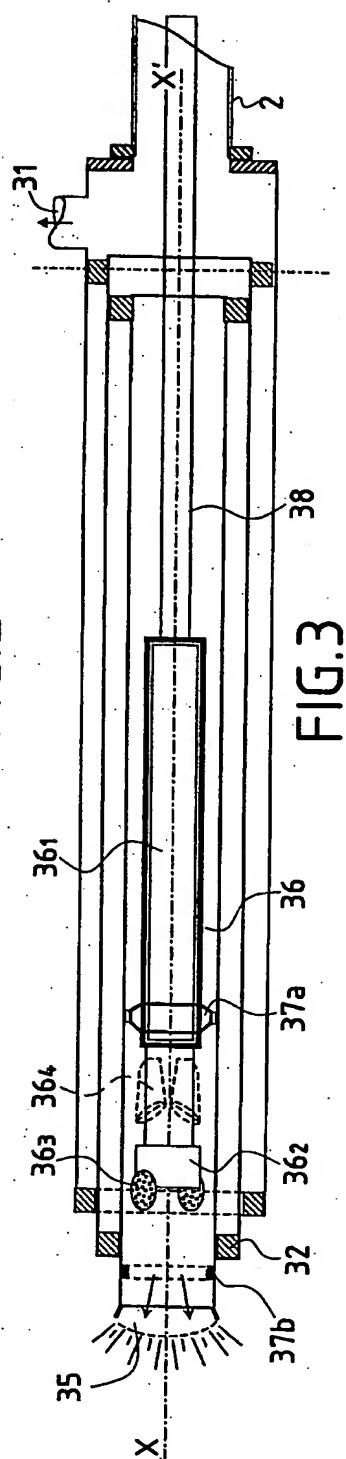
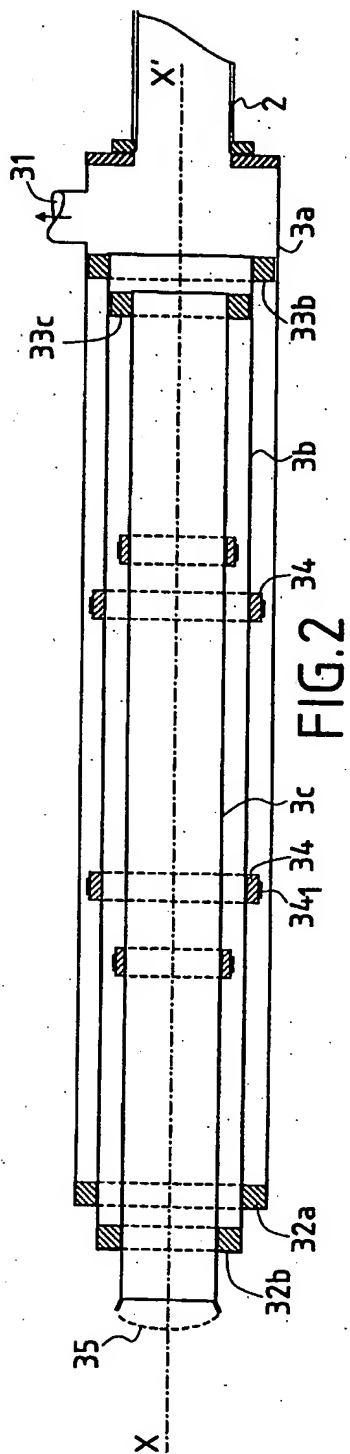
23. Procédé de réalisation d'une installation de forage selon la revendication 21 ou 22 caractérisé en ce que on réalise des étapes dans lesquelles:

- 5 - on réalise un dispositif de guidage selon un procédé selon l'une des revendications 16 à 20, et
- on réalise la connexion d'au moins dudit riser de forage (2) à ladite extrémité avant (3,) de la conduite de guidage reposant sur le fond de la mer (4).

- 10 24. Procédé de forage à l'aide d'une installation de forage selon la revendication 21 ou 22, caractérisé en ce qu'on réalise des opérations de forage et on construit un puits de forage en déployant des trains de tiges coopérant avec des outils de forage et des colonnes de tubes ou de cuvelages, à travers un dit riser de forage (2) et un dit dispositif de guidage
- 15 (3) enfoncé dans le fond de la mer (4).

1/9





3/9

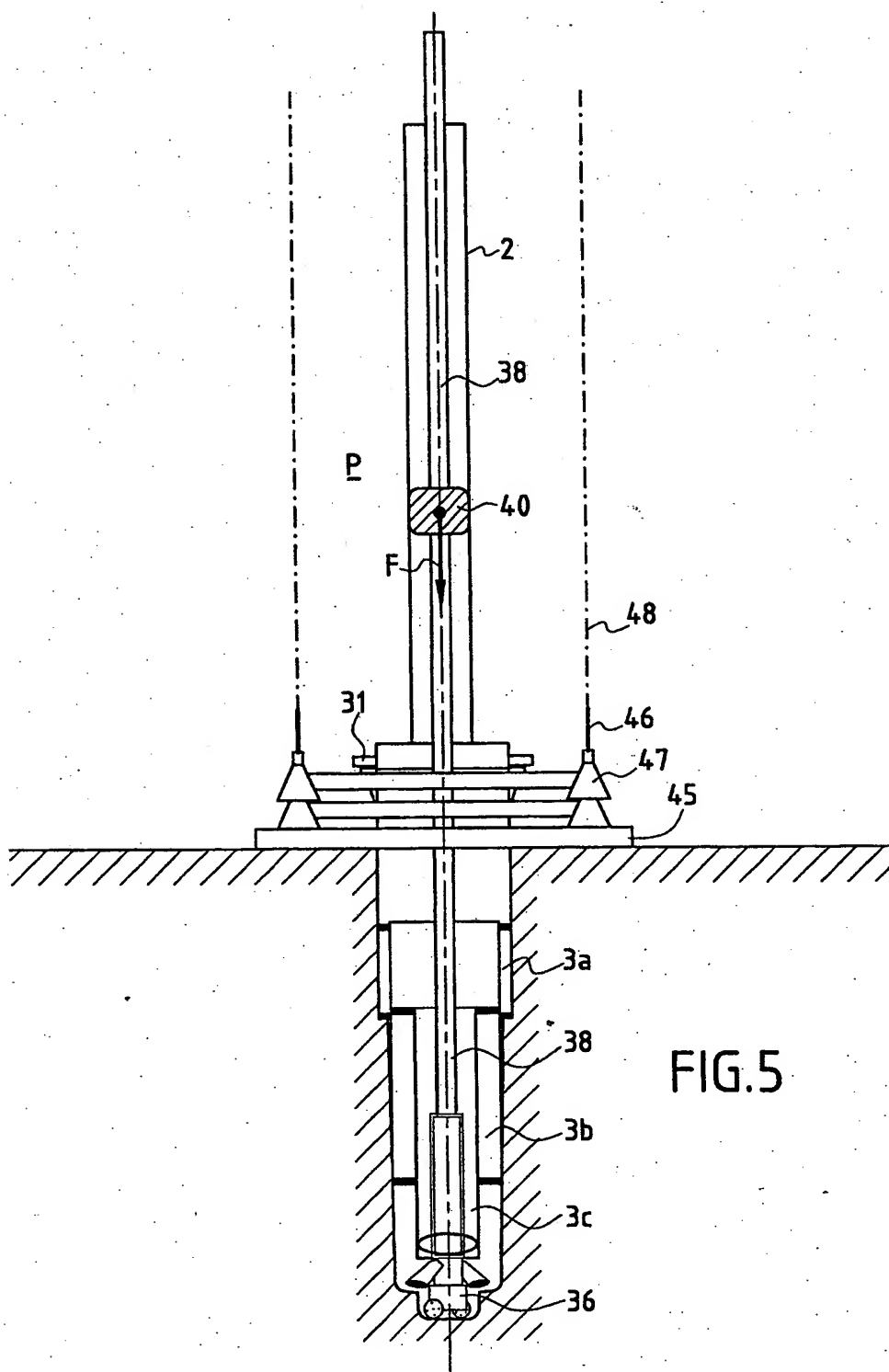
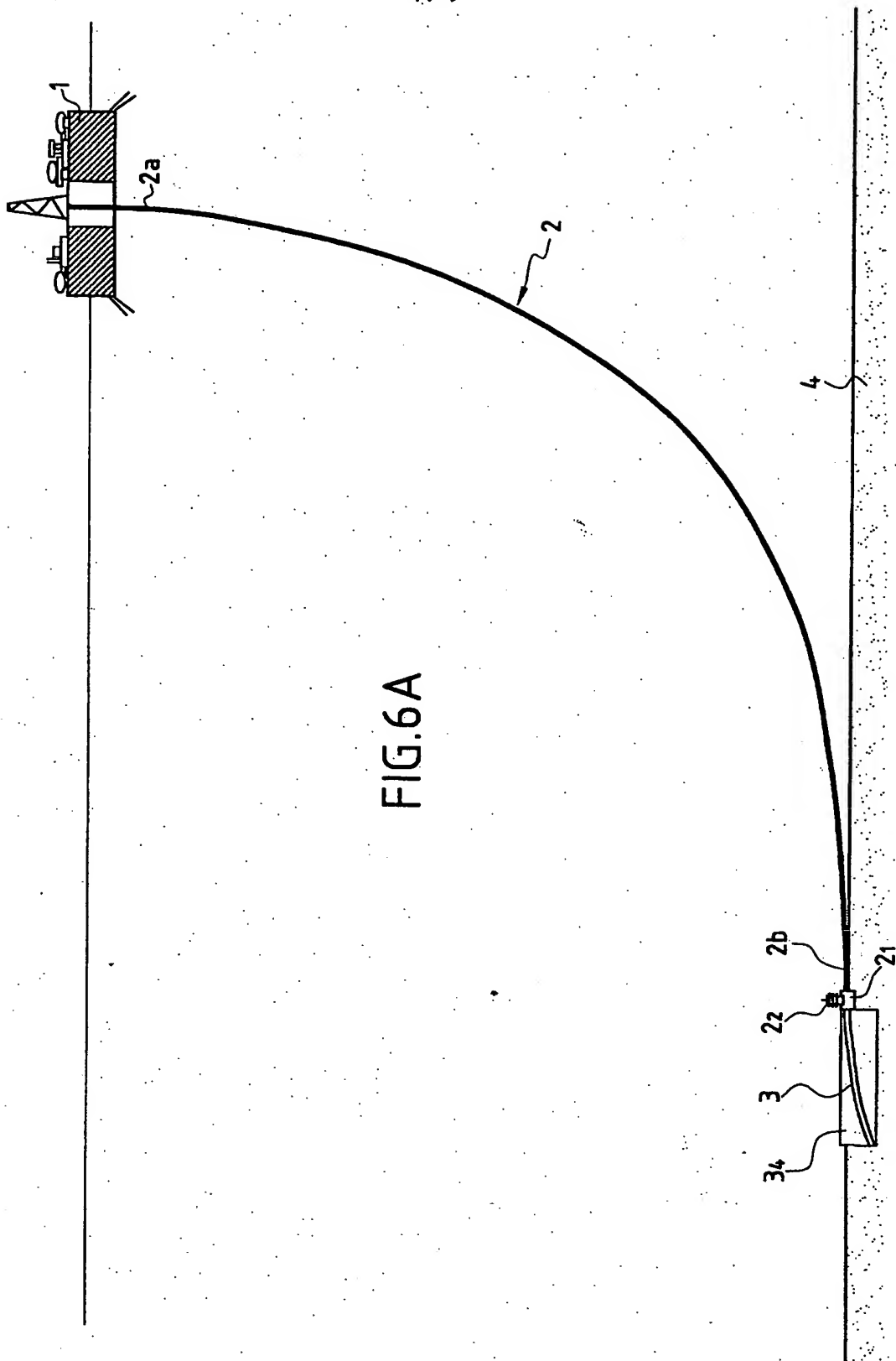
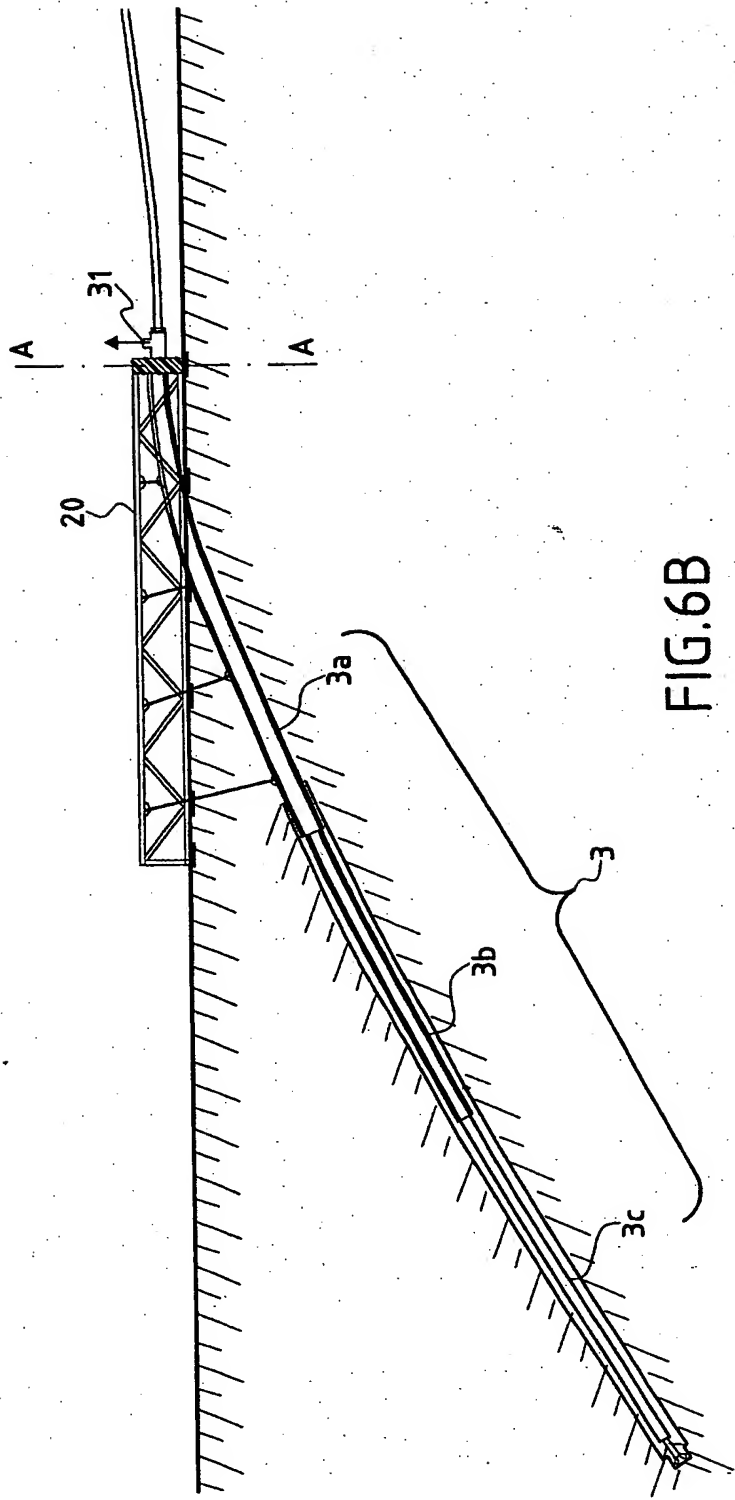


FIG.5

4/9

FIG.6A





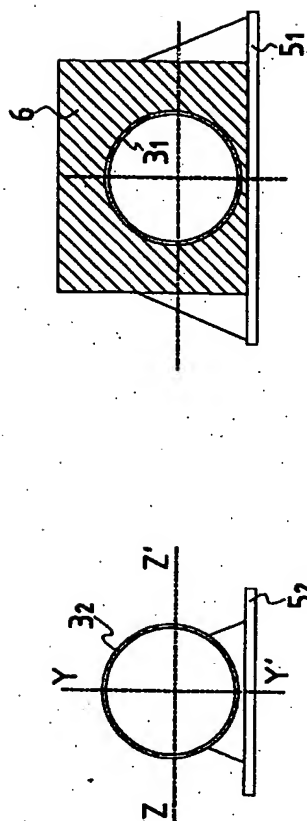


FIG.10

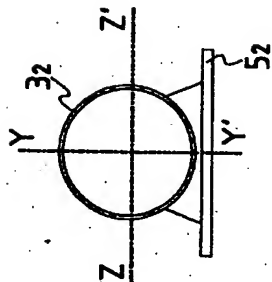


FIG. 9

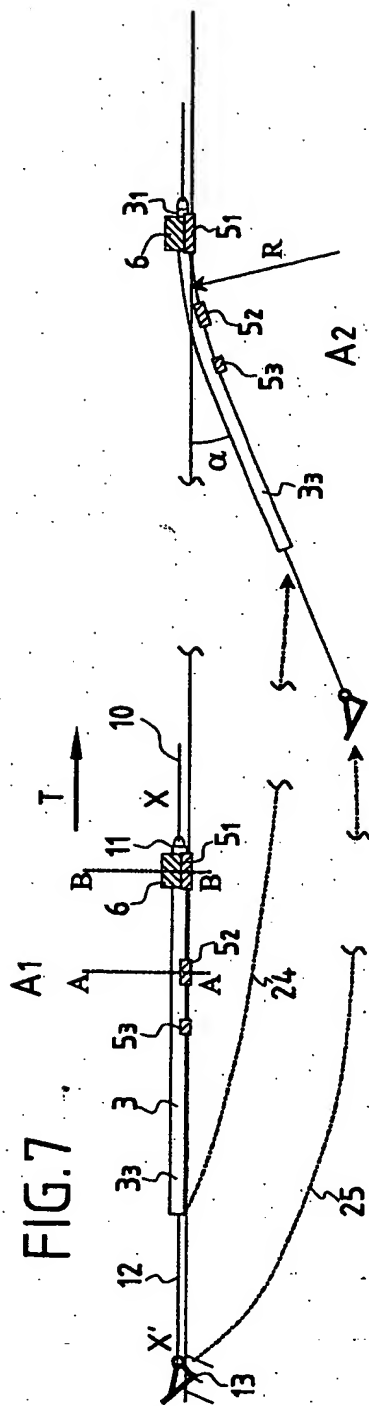


FIG. 8

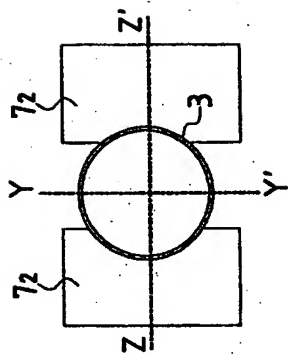


FIG. 13

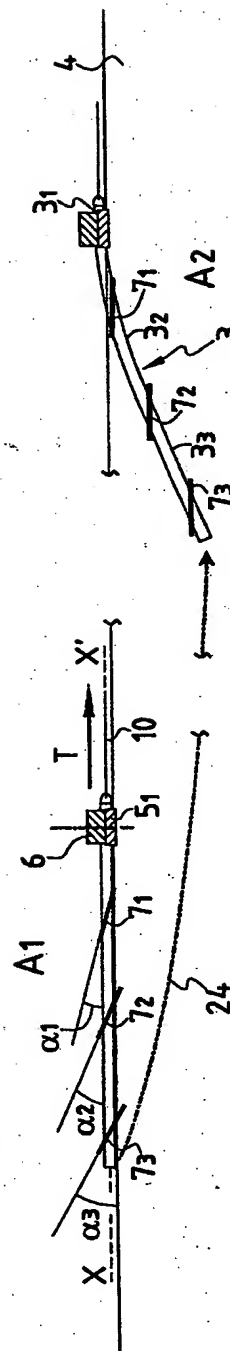


FIG. 12

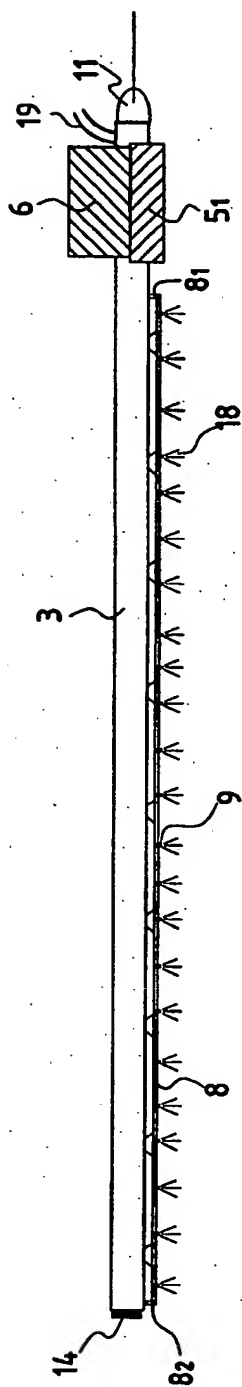


FIG. 14

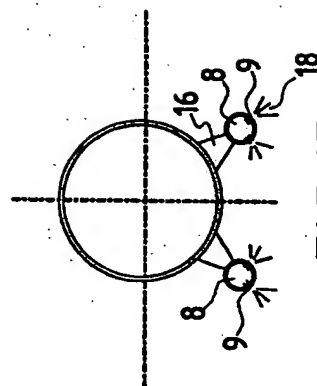


FIG. 15

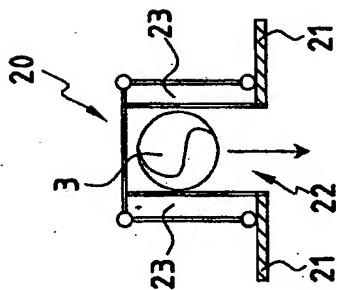


FIG. 18

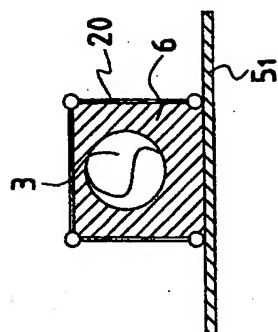


FIG. 19

FIG. 6

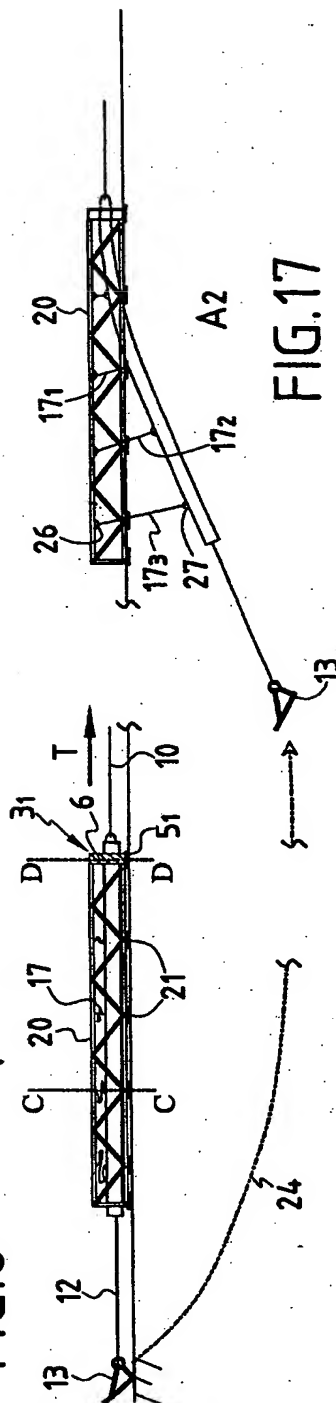


FIG. 17



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 621498
FR 0207537

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	FR 2 122 709 A (MINET ALBERT) 1 septembre 1972 (1972-09-01) * page 1, ligne 28 - page 2, ligne 16; figure 2 *	1,4	E21B7/12 E21B7/04 E21B41/10
Y	GB 2 338 009 A (HEAD PHILIP) 8 décembre 1999 (1999-12-08) * page 12, ligne 7 - ligne 28; figures 19-21 *	1,4	
D,A	EP 0 952 301 A (COOPER CAMERON CORP) 27 octobre 1999 (1999-10-27) See abstract * figures 1,3 *	1	
A	US 4 223 737 A (O'REILLY DALE) 23 septembre 1980 (1980-09-23) * figures 2,4 *	1	
A	US 4 216 835 A (NELSON NORMAN A) 12 août 1980 (1980-08-12) See abstract * figure 3 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
A	FR 2 027 067 A (BALT CORP) 25 septembre 1970 (1970-09-25) * figure 9 *	1	E21B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
27 mars 2003		Dantinne, P	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0207537 FA 621498**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 27-03-2003
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2122709	A	01-09-1972	FR 2122709 A5	01-09-1972
GB 2338009	A	08-12-1999	NO 992652 A	05-12-1999
			US 6223823 B1	01-05-2001
EP 0952301	A	27-10-1999	EP 0952301 A1	27-10-1999
			AU 2140599 A	07-10-1999
			BR 9901204 A	28-03-2000
			NO 991478 A	28-09-1999
			SG 77669 A1	16-01-2001
			US 2002157866 A1	31-10-2002
			US 2001047869 A1	06-12-2001
US 4223737	A	23-09-1980	AUCUN	
US 4216835	A	12-08-1980	GB 2010360 A , B	27-06-1979
FR 2027067	A	25-09-1970	CA 923379 A1	27-03-1973
			ES 374918 A1	16-05-1972
			FR 2027067 A5	25-09-1970
			HK 49376 A	06-08-1976
			JP 49025713 B	02-07-1974
			NL 6919447 A , B,	26-06-1970
			NO 129894 B	10-06-1974
			US 3685479 A	22-08-1972
			GB 1294303 A	25-10-1972

EPO FORM P0465

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)